

EFFECTO DEL FÓSFORO SOBRE EL ESTABLECIMIENTO DEL *Centrosema macrocarpum* Benth DENTRO DE UNA PLANTACIÓN DE PIJUAYO (*Bactris gasipaes* H.B.K.) EN UN ULTISOL DEL TRÓPICO HÚMEDO.

Luis A. Arévalo¹, Julio C. Alegre¹ y Raúl Fasabi².

Resumen

En una plantación de Pijuayo (*Bactris gasipaes* H.B.K.) de cuatro años de edad se sembró una leguminosa forrajera centrosema (*Centrosema macrocarpum* Benth.) como cobertura del suelo, con niveles crecientes de Fósforo (P) con el fin de encontrar la dosis adecuada que permita lograr un rápido establecimiento de la cobertura, para su posterior utilización como un sistema silvopastoril.

Cuatro niveles de P fueron probados: 0, 20, 40 y 80 Kg/ha usando roca fosfórica como fuente de P. Estas dosis se aplicaron al voleo, antes de la siembra de la cobertura, al inicio del experimento. La respuesta a las dosis de P se midió con el diseño de Bloques Completamente Randomizados (BCR).

Los niveles iniciales de P en el suelo fueron bajos, incrementándose significativamente en función a las dosis crecientes de P. Similar tendencia se observó en la concentración de P tanto en los tejidos del centrosema como en los tejidos de las plantas de pijuayo. Hubo una buena acumulación de P en la biomasa de centrosema y reciclaje en el suelo. El establecimiento y producción de biomasa del centrosema, se incrementó a los 150 días de sembrado para todos los tratamientos pero el desarrollo del centrosema que recibió 20 Kg de P/ha cubrió el suelo más rápido y presentó la mayor producción de biomasa sobre la base de materia seca que los demás tratamientos. Como no hubo diferencias entre las dosis de P adicionadas al suelo, se recomienda la aplicación de 20 Kg de P/ha para la fase de establecimiento del centrosema.

Palabras Claves: Silvopasturas, pijuayo, centrosema, roca fosfórica, suelos ácidos, voleo.

Abstract

A leguminous forage centrosema (*Centrosema macrocarpum*) was planted as a cover crop in a 4 year peach palm plantation (*Bactris gasipaes* K.) at different increasing rates of phosphorous (P) in order to determine the adequate doses needed to get rapid cover establishment for future use as a silvopastoral system.

Four rates of P as rock phosphate were tested: 0, 20 40 and 80 kg/ha. This fertilizer was uniformly sprayed before planting the cover crop at the beginning of the experiment. A randomized complete block design was used to find the response to the different fertilizer rates.

The initial levels of soil P were low and increased significantly as a function of the increasing levels of applied P. Similar trends were observed in the tissue of centrosema and peach palm. There was a good P accumulation in the centrosema biomass and nutrient cycling of the soil. The establishment and production of centrosema biomass increased after 150 days of planting in all treatments but the development of centrosema with the rates of 20 kg/ha covered the soil faster and presented greater biomass production than the others. Because there were non significant differences between the establishment rates of P, it is recommended to apply only 20 kg/ha during centrosema establishment.

Key words: Silvopastoral, peach palm, centrosema, rock phosphate, acid soils.

Introducción

El Fósforo (P) es uno de los principales elementos nutritivos para las plantas y animales que restringe en mayor grado la producción agropecuaria en la región de la Amazonía Peruana (Toledo & Morales, 1979). Este problema puede corregirse mediante la aplicación de abonos químicos fosfatados de alta solubilidad como el super fosfato simple (SFS) o el super fosfato

triple (SFT) o con la aplicación de fuentes menos solubles (Fenster & Leon, 1979), pero al mismo tiempo más económicas como es el caso de las rocas fosfóricas (Alegre & Chumbimune, 1992). Solucionado la deficiencia de P en el suelo, la producción de biomasa tanto de las gramíneas como de las leguminosas se incrementará y por ende la productividad del sistema.

¹ World Agroforestry Centre. Carretera Federico Basadre Km 4.200 Pucallpa, Correo electrónico: l.arevalo@cgiar.org

¹ World Agroforestry Centre. Avda. La Molina No. 1895 Lima, Perú. Correo electrónico: j.alegre@cgiar.org

² Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Yurimaguas, Loreto, Perú.

El uso directo de la roca fosfórica como fertilizante ha sido una práctica ampliamente probada bajo diferentes condiciones de suelos y cultivos. Los diferentes trabajos realizados, tanto en la amazonía peruana como en otros países latinoamericanos (Ensminger *et al.*, 1967; Alegre & Chumbimune, 1992; Gighuru & Sánchez, 1988; Toledo & Morales, 1979; Fenster & Leon, 1979; Vela, 1991) demuestran las excelentes propiedades de la roca fosfórica; cuya utilización en la fertilización de los suelos pobres en P ofrece magníficas perspectivas.

Una alternativa viable para incrementar la producción de carne y leche en los trópicos húmedos parecen ser los sistemas agrosilvopastoriles donde se asocian cultivos de corto ciclo, árboles, pasturas y animales (Nair, 1993). La incorporación de los árboles dentro de las pasturas o viceversa incrementará la productividad de la tierra (Arévalo *et al.*, 1998) por los productos adicionales que proveerá, tales como frutas, madera, carbón, leña, en adición al forraje y ganado.

En la Región Amazónica existen muchas plantaciones de pijuayo que son manejados por el agricultor sin una cobertura o pastura adecuada, pero con exceso de carga animal. Esto determina que el suelo se degrade, causando la muerte de las raíces por el pisoteo de los animales, así como la reducción significativa en la producción de frutos.

En investigaciones preliminares se encontró que la asociación de pijuayo con el centrosema (*Centrosema macrocarpum* Benth) y manejo de los animales con rotación de potreros ofrecía una buena alternativa en los trópicos húmedos del Perú (Arévalo *et al.*, 1998). Sin embargo la productividad del sistema estuvo afectada probablemente por el déficit de nutrientes en el suelo, sobre todo del P.

Una de las ventajas que presentan las leguminosas como centrosoma, es su establecimiento como cobertura en áreas degradadas (Sánchez, 1982). Una de las formas de acelerar su establecimiento y mejorar su calidad nutritiva para su uso como forraje es mediante la aplicación de P al suelo.

El objetivo del ensayo fue determinar la dosis adecuada de P para el establecimiento del *Centrosema macrocarpum* Benth dentro de una plantación de pijuayo, para su posterior utilización al pastoreo.

Materiales y métodos

Descripción del sitio

El ensayo se inició en Mayo de 1996 en el Centro de Investigación Yurimaguas (IIAP), ubicado a 5° 56' Latitud Sur, 76° 5' Longitud Oeste, a una elevación de 184 m.s.n.m. El clima es húmedo tropical, con una temperatura promedio de 26°C. con precipitación promedio anual de 2200 mm. Sin embargo entre los meses de Junio a Setiembre, la precipitación está por debajo de los 100 mm mensuales.

El experimento se desarrolló sobre un suelo franco arenoso, ácido e infértil, clasificado como Ultisols (Tyler *et al.*, 1978) sobre el cual crecía una plantación de pijuayo de 4 años de edad infestada de gramíneas y leguminosas. Estas fueron identificadas como rabo de zorro (*Andropogon bicornis* L.), mezcla de braquiarias como: *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria decumbens* Stapf., Kudzu (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth), *Stylosantes guianensis* (Aub.) Sev. y otras especies no determinadas. La densidad de siembra de las plantas de pijuayo fue de 400 por hectárea, es decir a un distanciamiento de 5m x 5m.

Establecimiento de los tratamientos

Para la aplicación de las dosis crecientes de P y la posterior siembra del centrosoma (*C. macrocarpum*) tanto las gramíneas como las leguminosas existentes en el campo fueron cortadas y eliminadas en forma manual. Después se realizó el muestreo inicial del suelo a una profundidad de 0 a 15 cm, con un muestreador tipo barrenado de 2.5 cm de diámetro interior. Después de ello se adicionó el P como Roca Fosfórica (RF) y las dosis aplicadas fueron 0, 20, 40 y 80 Kg de P/ha. Estas se aplicaron manualmente en forma uniforme al voleo e incorporándose con azadón hasta una profundidad de 5 cm. En la parcela control se removió el suelo de manera similar a los otros tratamientos, pero sin la adición de P.

Después se sembró el centrosema en forma tradicional (manual) y con semilla botánica germinada a un distanciamiento de 0.50m x 0.50m utilizándose en total 2 Kg de semilla (Ara & Schaus, 1980). Durante el ensayo se dio una infestación severa de hormigas cortadoras de hojas curuhuinsi (*Atta* sp.) siendo necesario realizar dos resiembras del centrosema, y para controlar el ataque de estas hormigas se aplicó Fenkil al 3% con un insuflador (aplicador con presión de aire) en forma localizada.

El área de cada una de las parcelas fue de 225 m² con 9 plantas de pijuayo por parcela. Para medir la respuesta a las dosis crecientes de P se utilizó el Diseño de Bloques Completamente Randomizados (BCR), con cuatro tratamientos y tres repeticiones, realizándose la prueba de DLS al 5 % de probabilidades para comparar la diferencia entre los promedios.

Evaluaciones

a) Suelo.

Durante el tiempo de ejecución del ensayo, se efectuaron 3 muestreos de suelos a una sola profundidad de 0-15 cm. El primer muestreo se realizó antes de la aplicación de las dosis de P; el segundo y tercer muestreo se realizaron a los 60 y 150 días después de la siembra del centrosema. Las muestras de suelo fueron secadas al aire y molidas en un molino eléctrico, envasadas, etiquetadas y entregadas al laboratorio. El P disponible fue extraído con la

solución de Olsen modificado (Hunter, 1974) y determinado por colorimetría.

b) Porcentaje de Cobertura y forraje disponible.

El porcentaje de cobertura se midió con un cuadrante de 1 m² dividido en 100 partes iguales de 10 cm² cada uno de ellos (Pérez *et al.*, 1993). La primera evaluación se realizó 30 días después de la siembra, y las evaluaciones posteriores se realizaron con un intervalo de 15 días hasta cuando se alcanzó el 100% de cobertura.

Tanto el muestreo de forraje disponible como el de tejidos del centrosema se realizaron en forma simultánea a 30, 120 y 150 días después de la siembra. Para la evaluación del forraje disponible (materia verde fresca) se utilizó un marco de madera de 0.25 m²; evaluándose en cuatro puntos al azar dentro del área de cada parcela, por cada tratamiento y repetición. El peso fresco de esta biomasa, se determinó en una balanza analítica y luego se colocaron las muestras en una estufa de aire caliente por 78 horas a una temperatura de 70°C, después se determinó el peso seco, las muestras fueron molidas envasadas, etiquetadas y enviadas al laboratorio para su análisis. Las muestras de tejidos fueron analizadas por vía húmeda con H₂SO₄ y H₂O₂ en una plancha de calentamiento y luego analizados por absorción atómica (Hunter, 1979). Las muestras de hojas de pijuayo fueron colectadas en dos épocas durante el ensayo, la primera de ellas antes de la aplicación del P y la segunda cinco meses después de su aplicación. Para ellos se utilizó la metodología descrita por Grau (1986); es decir se tomó la hoja número ocho (8) del total de hojas de la planta y de esa hoja se colectaron los folíolos del tercio medio a ambos lados del raquis. Para su análisis en el laboratorio se siguió el mismo procedimiento descrito para el caso del análisis de los tejidos del centrosema.

Resultados y discusión

Los cambios en la concentración del P disponible del suelo por efecto de la aplicación de dosis crecientes de P para el establecimiento de centrosema (*C. macrocarpum*) dentro de una plantación de pijuayo (*B. gasipaes*) se presentan en la Tabla 1.

Los niveles iniciales de P en el suelo fueron bajos; pero a medida que las dosis adicionadas al suelo fueron mayores, su concentración se incrementó significativamente comparado con el control. El incremento de la concentración de P fue muy alto (hasta 374%) comparado con el control. La alta acidez del suelo (1.21 cmol(+)/L) con 85% de saturación de aluminio ayudó a la rápida solubilidad de la roca fosfórica (Alegre *et al.*, 1994) y por lo tanto aumentó los niveles de P disponible hasta 18.7 mg/Kg después de cinco de su aplicación con la dosis más alta.

Los requerimientos de P por la cobertura de centrosema, son más bajos que para los cultivos

anuales; el centrosema responde a bajos niveles en el suelo ya que tiene otros medios de absorción o exploración de un mayor volumen del suelo mediante la asociación con hongos tipo micorrizas (Ruíz, 1994; Ydrogo, 1995). Esta podría ser la causa del incremento de la concentración del P tanto para los tejidos del centrosema como para los tejidos de pijuayo, en el tratamiento control (Tabla 2) comparado con los otros tratamientos. Hubo un mayor incremento en la concentración de P en los tejidos del centrosema para todos los tratamientos que recibieron P.

Tabla 1. Cambios en la concentración del fósforo disponible del suelo, por efecto de la aplicación de dosis crecientes de P. Yurimaguas, Loreto.

Dosis de P	Concentración de P en el suelo	
	AP*	5 MDA**
Kg/Ha	mg/Kg	
0	5.4	5.0
20	5.6	14.0
40	5.3	13.7
80	6.2	18.7
DLS _{.05}	0.71	2.71

* Antes de Aplicar la Roca Fosfórica (RF)

** 5 Meses después de la aplicación de la RF

Tabla 2. Cambios en la concentración de P en los tejidos del centrosema y pijuayo en función al tiempo y dosis de P aplicados al suelo. Yurimaguas, Perú.

Dosis de P	Concentración de P			
	Centrosema		Pijuayo	
	1 MDA*	5 MDA	AP**	5 MDA
Kg/Ha	G/Kg			
0	0.47	1.02	1.01	1.22
20	0.53	1.72	1.06	2.06
40	0.63	1.96	1.05	1.95
80	0.69	2.16	1.05	2.00
DLS _{.05}	0.52	0.9	0.04	0.1

* Un mes después de la aplicación de roca fosfórica

** Antes de la aplicación de roca fosfórica

La concentración de P en los tejidos del pijuayo siguió la misma tendencia que para el caso del centrosema después de la aplicación de las diferentes dosis crecientes de P al suelo (Tabla 2). Antes de la aplicación de las dosis de P al suelo las concentraciones en los tejidos de pijuayo fue bajo y cuando se hizo las comparaciones iniciales, estas fueron significativamente diferentes que podría deberse a la variabilidad genética innata que presenta esta palmera. Cinco meses después de aplicada la roca

fosfórica en sus diferentes niveles hubo un fuerte incremento en función a las dosis crecientes de P, dándose la mayor concentración con la primera dosis (20 kg P/ha) y que también se debería a esta variabilidad y a la mayor eficiencia de absorción de las palmeras evaluadas dentro de esta parcela.

b. Porcentaje de cobertura y forraje disponible

El porcentaje de cobertura del centrosema fue menor a 20% en los primeros 60 días sin importar la dosis de P adicionada al suelo (Tabla 3). A 90 días hubo un alto incremento en el porcentaje de cobertura alcanzando valores entre 55 a 62% con diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Ciento veinte (120) días después de la siembra del centrosema, el tratamiento que recibió 20 Kg de P alcanzó el 100% de cobertura; mientras que los demás tratamientos alcanzaron entre 91 a 98% de cobertura. Tanto el tratamiento control como el tratamiento con mayor dosis de P (80 kg/ha) presentaron los valores más bajos en cobertura. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas. Ciento cincuenta días después del establecimiento del centrosema, el porcentaje de cobertura fue del 100% sin importar la dosis de P adicionada al suelo.

Tabla 3. Porcentaje de cobertura y producción de materia seca del *Centrosema macrocarpum* por efecto de la aplicación de dosis crecientes de P. Yurimaguas, Loreto.

Dosis de P Kg/Ha	Porcentaje de Cobertura (dds*)				Materia Seca (dds)	
	60	90	120	150	120	150
	%				T/ha	
0	13.9	59.2	91.0	100	1.57	2.90
20	18.3	68.4	100.0	100	2.00	3.95
40	14.8	61.2	98.0	100	1.76	3.57
80	13.0	56.8	93.0	100	1.62	3.90
DLS ₀₅	4.81	11	3.72	1	1.85	2.27

* dds = días después de la siembra

Por otro lado, el porcentaje de cobertura del centrosema a través del tiempo parece estar ligado a la fisiología misma de la planta, debido a la tendencia de crecimiento que sigue, similar a los tratamientos que recibieron P.

La producción de materia seca fue mayor en todos los tratamientos que recibieron P (Tabla 3) comparado con el testigo, tanto a 120 como a 150 días después de la siembra. Esto sugiere que la cantidad de materia seca (hojas y tallos), estuvo en función a los niveles de P aplicado al suelo; siendo las diferencias más saltantes a los 150 días. Los tratamientos que recibieron 20 y 80 Kg de P/ha tuvieron una producción mayor en 1.05 y 1.0 T/ha que el tratamiento control (Tabla 3).

Por otro lado, hubo un incremento en la

producción de materia seca, por efecto fisiológico en el crecimiento del centrosema, entre 120 a 150 días después de sembrado. Este incremento fue de 184, 198, 203 y 241% para las dosis de 0, 20, 40 y 80 kg de P/ha, confirmándose el efecto que tiene el P sobre el crecimiento del centrosema.

Conclusiones

El presente trabajo de investigación sólo comprendió la fase del establecimiento de la cobertura, la cual nos llevó a las siguientes conclusiones:

1. La adición de P como roca fosfórica, incrementó su concentración tanto en el suelo como en los tejidos del *Centrosema macrocarpum*, así como también en los tejidos de las plantas de pijuayo.
2. Tanto el porcentaje de cobertura, como la producción de materia seca por el *Centrosema macrocarpum* se incrementaron por la adición de P, como roca fosfórica.
3. La falta de respuesta entre las dosis de P aplicadas al suelo, sugieren que sólo es necesario la adición de 20 kg de P/ha para el establecimiento y posterior crecimiento del *Centrosema macrocarpum* Benth; sin embargo al mismo tiempo mejora la concentración de P tanto en el suelo como en los tejidos de pijuayo, sugiriendo una mejor y mayor sostenibilidad del sistema a través del tiempo.

Literatura citada

- Alegre J.C. & Chumbimune R. 1992. Investigaciones y usos de la roca fosfórica en el Perú. In: Memorias de la II Reunión de la Red Latinoamericana de Roca Fosfórica, San Cristóbal, Edo. de Tachira, Venezuela.
- Alegre J.C., Gighuru M. & Sánchez P. 1994. Fertilización Fosfórica en Sistemas con Bajos Insumos en los trópicos húmedos del Perú. Terra. 12 1.
- Ara M. & Schaus R. 1980. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Yurimaguas. En II Reunión de la Red Internacional de Evaluación de pastos tropicales. Cali, COLOMBIA. : 433-443.
- Arévalo L. 1992. Cobertura de leguminosas en plantación de pijuayo para la producción de frutos, Trop Soils Technical Report, 1988 - 1989. North Carolina State University Raleigh, N.C. : 184-196.
- Arévalo L.A., Alegre J.C., Bandy D.E. & Szott L.T. 1998. The effect of cattle grazing on soil physical and chemical properties in a silvopastoral system in the Peruvian amazon. Agroforestry System. 40: 109-124.
- Ensminger L.E., Pearson R.W. & Arminger W.H. 1967. Effectiveness of Rock phosphate as a Source of phosphorus for plants?. USD Agricultural Research Service, Bulletin.: 41-125.
- Fenster W.E. & Leon L.A. 1979. Manejo de la fertilización con fósforo para el establecimiento de

- pastos mejorados en suelos ácidos e infértiles de América Tropical. In Producción de Pastos en suelos Acidos de los Trópicos. Tergas, L.E. y Sanchez, P. A. (eds) (CIAT, Serie 03SG-5). : 119-133.
- Gighuru M.P. & Sánchez P.A. 1988. Phosphate rock fertilization in tilled and no-till low input system in the humid tropics. *Agron. J.* 80: 943-947.
- Hunter A.H. 1974. International soil fertility evaluation and improvement laboratory procedures. Dep. Of Soil Science, North Carolina State Univ., Raleigh.
- Hunter A.H. 1979. Suggested soil plant analytical techniques for tropical soils research program laboratories. Agro Services International, Orange City, Fl.
- Grau M.G. 1986. Determinación de la hoja más indicativa para el análisis foliar del peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Nair P.K.R. 1993. An Introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publisher.
- Perez J.M., Szott L. & Arévalo L.A. 1993. Pijuayo con coberturas de leguminosas. In: Mora Urpi, J., L.T. Szott, Murillo, M. y V.M. Patiño (eds). IV Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del pijuayo. 1991 Iquitos, Perú. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. : 209-224.
- Ruiz P.O. 1994. Effects of Soil Management on Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi and on Soil Phosphorus Fractions in Ultisols of the Peruvian Amazon. Ph.D. degree dissertation thesis. Soil Science Department. North Carolina State University. Raleigh, N.C., U.S.A.
- Sánchez P.A. 1982. Estrategia de producción de pasturas a base de leguminosas en América Tropical. Primer Congreso Nacional de la Ciencia del suelo. Lima - Perú. : 1-37.
- Toledo J. & Morales F. 1979. Fertilización de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales con Roca Fosfórica. Producción de Pastos en Suelos Acidos de los Trópicos. CIAT, Cali, Colombia. : 191-210.
- Tyler E.J., Buol S.W. & Sánchez P.A. 1978. Genetic association of soil properties encountered in a detailed soil survey in the upper Amazon Basin of Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 771-776.
- Vela J. 1991. Establecimiento de tres asociaciones de gramíneas y leguminosas. Investigación sobre pastos tropicales en la Amazonía INIAA - Pucallpa - Perú 1991. Informe Técnico # STO3.
- Ydrogo H.F. 1995. Inoculación de lombrices de tierra *Pontoscolex corethrurus* y presencia de micorrizas vesículo arbusculares en plántulas de arazá (*Eugenia stipitata*) achiote (*Bixa orellana*) y pijuayo (*Bactris gasipaes*) y sus efectos en el crecimiento. Tesis Ing. Agrónomo. Univ. Nacional de San Martín, Tarapoto.